

PC 10730

Verfahren zur Überwachung einer elektrohydraulischen Bremsanlage

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung einer elektrohydraulischen Bremsanlage nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Eine derartige Bremsanlage ist. Z. B. aus der internationalen Patenmeldung der Anmelderin WO 99/41125 bekannt. Bei elektrohydraulischen Bremssystemen dieser Art besteht die Notwendigkeit, insbesondere im Rahmen von Selbsttests und Systemkalibrierungen bei Fahrzeugstillstand, aktiv Radbremsdrücke einzustellen, ohne dass der Fahrer das Bremspedal betätigt. Beispiele dafür sind der sog. Pre-Drive-Check, der vor Fahrtantritt beim Aktivieren des Bremssystems (Wake-Up z. B. per Fernbedienung der Zentralverriegelung oder Türkontakt), oder Spül- und Kalibrier Routinen, die nach dem Ausschalten der Zündung ablaufen.

Der aktive Druckaufbau im Stillstand ohne Pedalbetätigung stellt ein Gefährdungspotential dar, wenn gleichzeitig Wartungsarbeiten an der Bremsanlage vorgenommen werden (Einklemmgefahr). Zwar kann der juristische Aspekt (Produkthaftung) hierbei durch Warnhinweise z. B. im Fahrzeughandbuch und in den Werkstattanweisungen abgedeckt werden, dennoch ist es wünschenswert, dass das System über Eigenintelligenz verfügt, um zumindest schwerwiegende Verletzungen des Werkstattpersonals auszuschließen.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein geeignetes Verfahren zur Überwachung des o. g. Bremssystems vorzuschlagen,

durch dessen Durchführung die Verletzungsrisiken eliminiert werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die folgenden Verfahrensschritte gelöst:

- Deaktivieren einer dem Hochdruckspeicher-Ladevorgang zugeordneten, durch die elektronische Steuer- und Regeleinheit durchzuführenden elektronischen Regelung;
- Schließen des einer Fahrzeugachse zugeordneten Trennventils,
- Öffnen der der Fahrzeugachse zugeordneten Einlassventile zum Zweck einer Verschiebung von Druckmittelvolumen in die Radbremsen der Fahrzeugachse bei gleichzeitigem Ermitteln von Werten, die den in den Radbremsen eingesteuerten hydraulischen Druck sowie die Verschiebung von Druckmittelvolumen repräsentieren; und
- Auswerten der Werte zur Beurteilung des Zustandes der Radbremsen.

Nach einem vorteilhaften Merkmal des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass die Verschiebung von Druckmittelvolumen in die Radbremsen bei geladenem Hochdruckspeicher erfolgt, indem die den Radbremsen vorgeschalteten Einlassventile teilweise geöffnet werden und die Abnahme des im Hochdruckspeicher enthaltenen Druckmittelvolumens als Maß für die Verschiebung von Druckmittelvolumen in die Radbremsen herangezogen wird.

Eine alternative Ausprägung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass die Verschiebung von Druckmittelvolumen in die Radbremsen bei entladem Hochdruckspeicher durch Ansteuerung der Pumpe erfolgt, wobei die den Radbremsen vorgeschalteten Einlassventile vollständig geöffnet werden und das Maß für die Verschiebung von Druckmittelvolumen in die Radbremsen durch numerische Integration des Pumpenvolumenstroms gebildet wird.

Ein weiteres vorteilhaftes Merkmal des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass die Werte, die den hydraulischen Druck sowie die Verschiebung von Druckmittelvolumen repräsentieren, mit vorher festgelegten Schwellwerten verglichen werden und die Ergebnisse des Vergleichs einer zeitlichen Druck/Volumen-Korrelation unterworfen werden.

Eine andere vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass bei einer Steigerung des in den Radbremsen eingesteuerten hydraulischen Druckes über den vorher festgelegten Schwellwert, bei der das Maß für die Verschiebung von Druckmittelvolumen den dem Volumen zugeordneten Schwellwert nicht erreicht, auf einen Zustand geschlossen wird, in dem die Reibelemente der Radbremsen an die ihnen zugeordneten Reibflächen angelegt werden.

Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung besteht darin, dass wenn das Maß der Verschiebung von Druckmittelvolumen den (Volumen-) Schwellwert überschreitet und der in den Radbremsen eingesteuerte hydraulische Druck den (Druck-)Schwellwert nicht erreicht, auf einen unzulässigen Verfahrensweg von in den Radbremsen vorhandenen Kolben geschlossen wird, bei dem bei Wartungsarbeiten an den Radbremsen eine Gefährdung des

Wartungspersonals droht.

Nach einem anderen vorteilhaften Merkmal des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt schließlich beim Erkennen des unzulässigen Verfahrweges der Kolben eine optische oder eine akustische Warnung.

Die Erfindung wird in der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer elektrohydraulischen Bremsanlage, bei der das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann,
- Fig. 2 ein Flussdiagramm, das den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens darstellt,
- Fig. 3 eine erste, während des erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführende Druck/Volumen-Korrelation und
- Fig. 4 eine zweite, während des erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführende Druck/Volumen-Korrelation.

Die in Fig. 1 lediglich schematisch dargestellte Bremsanlage besteht im wesentlichen aus einem mittels eines Bremspedals 1 betätigbaren, zweikreisigen hydraulischen Druckerzeuger bzw. Hauptbremszylinder 2 in Tandemausführung, einem mit dem Tandemhauptzylinder 2 zusammenwirkenden Wegsimulator 3, einem dem Tandemhauptzylinder 2 zugeordneten Druckmittelvorratsbehälter 4, einer hydraulischen Druckquelle, einer lediglich schematisch angedeuteten Steuereinheit HCU 6, die u.a. sämtliche, für Druckregelvorgänge erforderlichen Komponenten

enthält und an die beispielsweise der Hinterachse des Kraftfahrzeugs zugeordnete Radbremsen 7, 8 angeschlossen sind, sowie einer elektronischen Steuer- und Regeleinheit ECU 16. Zur Ermittlung der Drehzahl der Fahrzeugräder dienen lediglich angedeutete Radsensoren 24, 25. Der an sich bekannte Tandemhauptzylinder 2 weist durch zwei Kolben 9, 10, begrenzte, voneinander getrennte Druckräume 14, 15 auf, die sowohl mit dem Druckmittelvorratsbehälter 4 als auch über die HCU 6 mit den Fahrzeugbremsen 7, 8, -, - verbindbar sind. Der andere Bremskreis, an den die Radbremsen angeschlossen sind, die der Vorderachse zugeordnet sind, ist nicht dargestellt. Die vorhin erwähnte Druckquelle wird durch einen Hochdruckspeicher 21 gebildet, der mittels einer Pumpe 23 eines Motor-Pumpenaggregats 20 aufgeladen wird. Die Pumpe 23 wird von einem Elektromotor 22 angetrieben, wobei der Ausgangsdruck der Pumpe 23 durch ein der Pumpe 23 parallel geschaltetes Druckbegrenzungsventil 26 begrenzt wird. Der von dem Hochdruckspeicher 21 bereit gestellte hydraulische Druck wird von einem Drucksensor 35 überwacht.

Wie weiterhin Fig. 1 zu entnehmen ist, sind die Radbremsen 7, 8 an den ersten Druckraum 14 mittels einer Leitung 5 angeschlossen, in der ein Trennventil 11 eingefügt ist, das als stromlos offenes (SO-) 2/2-Wegeventil ausgeführt ist und ein Absperren des ersten Druckraums 14 ermöglicht. Eine zweite hydraulische Leitung 34 verbindet die Druckseite der Pumpe 23 bzw. den Hochdruckspeicher 21 mit den Eingangsanschlüssen von zwei elektromagnetisch betätigbaren, analog regelbaren, vorzugsweise stromlos geschlossenen (SG-) 2/2-Wegeventilen bzw. Einlassventilen 17, 18, die den Radbremsen 7 und 8 vorgeschaltet sind. Ein weiteres Paar von ebenfalls elektromagnetisch betätigbaren, analog regelbaren, vorzugsweise stromlos geschlossenen (SG-) 2/2-Wegeventilen bzw.

Auslassventilen 27, 28 ermöglicht eine Verbindung der Radbremse 7, 8 mit dem Druckmittelvorratsbehälter 4, während ein elektromagnetisch betätigbares, vorzugsweise stromlos offenes (SO-) Druckausgleichsventil 13 eine radindividuelle Regelung der in den Radbremsen 7, 8 eingesteuerten Drücke ermöglicht.

Außerdem sind den Radbremsen 7, 8 Drucksensoren 30, 31 zugeordnet, mit deren Hilfe der in den Radbremsen 7, 8 herrschende hydraulische Druck ermittelt wird. Die vorhin erwähnte elektronische Regel- und Steuereinheit ECU 16, der die Ausgangssignale der Drucksensoren 19, 30, 31, 35, der Raddrehzahlsensoren 24, 25, sowie einer vorzugsweise redundant ausgeführten Bremswunscherfassungseinrichtung 33 zugeführt werden, die dem Hauptbremszylinder 2 zugeordnet ist, dient der Ansteuerung des Motor-Pumpen-Aggregats 20 sowie der vorhin erwähnten Ventile 11, 13, 17, 18, 27, 28.

Wie bereits vorhin erwähnt wurde, besteht der Grundgedanke der Erfindung darin, vor einem aktiven Druckaufbau einen unzulässig langen Verfahrensweg der Radbremskolben zu detektieren. Ein extrem weit zurück geschobener Radbremskolben ist ein Indikator für Wartungsarbeiten an der Bremsanlage. Dabei ist es nur bei einer solchen extremen Bremskolbenposition möglich, dass sich Finger einer an der Radbremse arbeitenden Person zwischen Bremsbelag und -scheibe befinden. Aus dem in Fig. 2 gezeigten Flussdiagramm geht hervor, dass bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens der Ladevorgang des Hochdruckspeichers 21 (Verfahrensschritt 100) deaktiviert wird, wonach in einem zweiten Verfahrensschritt 101 das Druckmittelvolumen $V_{s, \text{start}}$ des Hochdruckspeichers 21 ermittelt wird. Danach wird in einem dritten Verfahrensschritt (102) festgestellt, ob der Hochdruckspeicher 21 ge- oder entladen ist. Bei geladenem Hochdruckspeicher 21 erfolgt die

Verschiebung von Druckmittel in die Radbremsen 7, 8 durch teilweises Öffnen der den Radbremsen 7, 8 vorgeschalteten Einlassventile 17, 18 im Verfahrensschritt 103. Hierbei dient die Abnahme des im Hochdruckspeichers 21 enthaltenen Druckmittelvolumens als Maß für die Verschiebung von Druckmittel in die Radbremsen 7, 8.

Bei entlademem Hochdruckspeicher 21 erfolgt die Druckmittelvolumenverschiebung hingegen durch Ansteuern der Pumpe 23 und vollständiges Öffnen der den Radbremsen 7, 8 vorgeschalteten Einlassventile 17, 18 (Verfahrensschritt 104). In diesem Fall wird das Maß für die Druckmittelvolumenverschiebung durch numerische Integration des Pumpenvolumenstroms gewonnen.

Bei dieser Prozedur steigt der Druck p_R in den Radbremsen 7, 8 an, während das Maß der Druckmittelvolumenverschiebung zunimmt. Im Verfahrensschritt 105 werden diese Signale mit vorher festgelegten Schwellwerten $p_{R,min}$, $\Delta V_{S,max}$ verglichen und einer zeitlichen Korrelation unterworfen. Wie das Flussdiagramm erkennen lässt, sind zwei Ergebnisse dieses Vergleichs denkbar, die in Fig. 3 und 4 für den Fall der Druckmittelvolumenverschiebung aus dem Hochdruckspeicher 21 dargestellt sind:

1. Wenn der in den Radbremsen 7, 8 eingesteuerte hydraulische Druck über den vorher festgelegten Schwellwert ($p_{R,min}$) zum Zeitpunkt t_1 (Fig. 3) steigt, ohne dass das die Abnahme des im Hochdruckspeicher 21 enthaltenen Druckmittelvolumens den (Volumenabnahme-)Schwellwert $\Delta V_{S,max}$ erreicht, wird auf einen Zustand geschlossen, in dem die Reibelemente der Radbremsen 7, 8 an die ihnen zugeordneten Reibflächen angelegt werden. In

diesem Fall kann ein aktiver Aufbau des in den Radbremsen 7, 8 eingesteuerten hydraulischen Druckes ohne Gefahr durchgeführt werden (s. Fig. 2 - Verfahrensschritt 106).

2. Wenn dagegen die Abnahme des im Hochdruckspeicher 21 enthaltenen Druckmittelvolumens zum Zeitpunkt t_2 (Fig. 4) unter den (Volumenabnahme-)Schwellwert ΔV_{Smax} absinkt, ohne dass der in den Radbremsen 7, 8 eingesteuerte hydraulische Druck den (Druck-)Schwellwert p_{Rmin} erreicht, wird auf einen unzulässigen Verfahrensweg von in den Radbremsen 7, 8 vorhandenen Kolben geschlossen. In diesem Fall liegt eine extreme Position der Kolben vor, so dass die Gefahr einer Verletzung des die Wartungsarbeiten an den Radbremsen durchführenden Werkstattpersonals besteht. Ein aktiver Aufbau des in den Radbremsen 7, 8 eingesteuerten hydraulischen Druckes wird dann unterlassen (s. Fig. 2 - Verfahrensschritt 107) und zu einem späteren Zeitpunkt, (z. B. beim nächsten Systemstart), nachgeholt.

Die Festlegung des Volumenschwellwertes V_{Smax} erfolgt so, dass bei der gegebenen Genauigkeit der vorhandenen Sensorik zur Ermittlung der Volumenabnahme eine sichere Erkennung gewährleistet ist. Andererseits wird durch diesen Schwellwert der maximale Verfahrensweg eines Radbremskolbens bis zur Erkennung der extremen Position definiert.

Während Kalibrierrouniten zur Optimierung der Systemeigenschaften oder der Systemrobustheit dienende Spülprozesse bei der Erkennung einer extremen Bremskolbenposition ohne schwerwiegende funktionale Einbußen auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden können, stellt sich für den sog. Pre-Drive-Check das folgende Problem:

Fehlerzustände, wie Leckage oder das Vorhandensein großer Luft- bzw. Gasmengen in der Bremsanlage, die durch den Pre-Drive-Check erkannt werden sollen, stellen sich bezüglich der o.g. Signale genau so dar, wie eine extreme Bremskolbenposition. Es kann daher sinnvoll sein (Frage des Sicherheits- und Warnkonzeptes), bei der Erkennung einer extremen Bremskolbenposition vor dem Pre-Drive-Check zunächst von einem Systemfehler auszugehen und eine Fahrerwarnung (z. B. durch eine Warnlampe o. ä.) auszulösen. Zeigt sich bei nachfolgenden, vom Fahrer ausgelösten Bremsungen, dass die Bremsanlage intakt ist, so kann die Warnung zurück genommen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung einer elektrohydraulischen Bremsanlage für Kraftfahrzeuge, mit einem mittels eines Bremspedals (1) betätigbaren Hauptbremszylinder (2), mit einem mit dem Bremspedal (1) zusammenwirkenden Simulator (3), mit mindestens einer durch eine elektronische Steuer- und Regeleinheit (16) ansteuerbaren Druckquelle, die durch einen mittels einer Pumpe (23) aufladbaren Hochdruckspeicher (21) gebildet ist und mit deren Druck Radbremsen (7, 8) des Fahrzeuges beaufschlagbar sind, die über mindestens eine mittels eines Trennventils (11) absperrbare hydraulische Verbindung (5) andererseits mit dem Hauptbremszylinder (2) verbindbar sind, mit einer Einrichtung (33) zur Erkennung des Fahrerverzögerungswunsches, sowie mit je einem den Radbremsen (7, 8) vorgeschalteten Einlassventil (17, 18) und einem Auslassventil (27, 28), **gekennzeichnet** durch die folgenden Verfahrensschritte:

Deaktivieren einer dem Hochdruckspeicher-Ladevorgang zugeordneten, durch die elektronische Steuer- und Regeleinheit (16) durchzuführenden elektronischen Regelung;

Schließen des einer Fahrzeugachse zugeordneten Trennventils (11),

Öffnen der der Fahrzeugachse zugeordneten Einlassventile (17, 18) zum Zweck einer Druckmittelvolumenverschiebung in die Radbremsen

(7, 8) der Fahrzeugachse bei gleichzeitigem Ermitteln von Werten (p , ΔV), die den in den Radbremsen (7,8) eingesteuerten hydraulischen Druck sowie die Verschiebung von Druckmittel repräsentieren; und

Auswerten der Werte zur Beurteilung des Zustandes der Radbremsen (7, 8).

2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Verschiebung von Druckmittel durch teilweises Öffnen der Einlassventile (17, 18) bei geladenem Hochdruckspeicher (21) erfolgt und dass als Maß für die Verschiebung von Druckmittel die Abnahme des im Hochdruckspeicher (21) enthaltenen Druckmittelvolumens herangezogen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Verschiebung von Druckmittel in die Radbremsen bei entladem Hochdruckspeicher durch Ansteuerung der Pumpe und vollständiges Öffnen der Einlassventile (17, 18) erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 3 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Verschiebung von Druckmittel durch numerische Integration des Pumpenvolumenstroms innerhalb der elektronischen Steuereinheit approximiert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Werte (p , ΔV), die den hydraulischen Druck sowie die Verschiebung von

Druckmittelvolumen repräsentieren, mit vorher festgelegten Schwellwerten (p_{Rmin} , $\Delta V_{S,max}$) verglichen werden und die Ergebnisse des Vergleichs einer zeitlichen Druck/Volumen-Korrelation unterworfen werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5 dadurch **gekennzeichnet**, dass bei einer Steigerung des in den Radbremsen (7, 8) eingesteuerten hydraulischen Druckes über den vorher festgelegten Schwellwert (p_{Rmin}), bei der das Maß für die Verschiebung von Druckmittel den Schwellwert ($\Delta V_{S,max}$) nicht erreicht, auf einen Zustand geschlossen wird, in dem die Reibelemente der Radbremsen (7, 8) an die ihnen zugeordneten Reibflächen angelegt sind.
7. Verfahren nach Anspruch 5 dadurch **gekennzeichnet**, dass wenn das Maß für die Verschiebung von Druckmittel den (Volumen-)Schwellwert (ΔV_{Smax}) überschreitet und der in den Radbremsen (7, 8) eingesteuerte hydraulische Druck den (Druck-) Schwellwert (p_{Rmin}) nicht erreicht, auf einen unzulässigen Verfahrensweg von in den Radbremsen (7, 8) vorhandenen Kolben geschlossen wird, bei dem bei Wartungsarbeiten an den Radbremsen eine Gefährdung des Wartungspersonals droht.
8. Verfahren nach Anspruch 7 dadurch **gekennzeichnet**, dass beim Erkennen des unzulässigen Verfahrensweges der Kolben eine optische oder eine akustische Warnung erfolgt.

Zusammenfassung

Verfahren zur Überwachung einer elektrohydraulischen Bremsanlage für Kraftfahrzeuge

Um die Gefahr einer Verletzung der Person, die an einer mit einem Hochdruckspeicher ausgestatteten Bremsanlage gleichzeitig mit einem aktiven Druckaufbau im Stillstand ohne Pedalbetätigung Wartungsarbeiten vornimmt, (Einklemmgefahr), zu eliminieren, wird ein Verfahren mit den folgenden Verfahrensschritten vorgeschlagen:

- Deaktivieren einer dem Hochdruckspeicher-Ladevorgang zugeordneten, durch eine elektronische Steuer- und Regeleinheit (16) durchzuführenden elektronischen Regelung;
- Schließen eines einer Fahrzeugachse zugeordneten Trennventils (11),
- Öffnen der der Fahrzeugachse zugeordneten Einlassventile (17, 18) zum Zweck einer Verschiebung von Druckmittel in die Radbremsen (7, 8) der Fahrzeugachse bei gleichzeitigem Ermitteln von Werten (p , ΔV), die den in den Radbremsen (7, 8) eingesteuerten hydraulischen Druck sowie die Verschiebung von Druckmittel repräsentieren; und
- Auswerten der Werte zur Beurteilung des Zustandes der Radbremsen (7, 8).

Fig. 2

English Descriptions of Figure 2

- 100 deactivate the accumulator charging
- 101 determine the accumulator volume $V_{S,start}$
- 102 accumulator charged?
- 103 open the inlet valves in part and observe the volume reduction and the pressure reaction
- 104 open the inlet valves in full and actuate the pump and determine the volume displacement by numerical integration and observe the pressure reaction
- 105 comparison of threshold values
pressure/volume correlation
- 106 release of the autonomous pressure build-up
- 107 close the autonomous pressure build-up